

**HIT: 1 OF 1, Selected: 0 OF 0**

© Thomson Scientific Ltd. DWPI

© Thomson Scientific Ltd. DWPI

**Accession Number**

2003-333489

**Title Derwent**

Synchronizing communications cycle in communications system involves determining control error from demand and actual values for time base of communications cycle

**Abstract Derwent**

**Novelty:** The method involves receiving a demand value for a time base of the communications cycle in a first node of the network, determining a control error from the demand value and the actual value of the time base and generating a control parameter to regulate the time base in accordance with the control error.

**Description:** INDEPENDENT CLAIMS are also included for the following: a computer program product for implementing the method, a communications node in a network, a communications connection, a communications system and an automation system with an inventive communications system.

**Use:** For synchronizing a communications cycle in a communications system.

**Advantage:** Improved synchronization method, communications node and communications system enable point-to-point connections to be established between nodes of an Ethernet network.

**Description of Drawing:** The drawing shows a flow diagram for the inventive method (Drawing includes non-English text)

**Assignee Derwent + PACO**

ARNOLD J	ARNO-I
BERNECKER H	BERN-I
BRUCKNER D	BRUC-I
GOTZ F	GOTZ-I
KLOTZ D	KLOT-I
KRAUSE K	KRAU-I
MULLER C	MULL-I
SCHEITHAUER G	SCHE-I
SCHIMMER J	SCHI-I
SIEMENS AG	SIEI-S

**Assignee Original**

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

ARNOLD, Johann

BERNECKER, Herbert

BRÜCKNER, Dieter

GÖTZ, Franz-Josef

KLOTZ, Dieter

KRAUSE, Karl-Heinz

MÜLLER, Christiane

SCHEITHAUER, Gerhard

SCHIMMER, Jürgen

Siemens AG

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

Arnold, Johann

Bernecker, Herbert

Bruckner, Dieter

Gotz, Franz-Josef  
Klotz, Dieter  
Krause, Karl-Heinz  
Muller, Christiane  
Scheithauer, Gerhard  
Schimmer, Jurgen  
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

**Inventor Derwent**

ARNOLD J	BERNECKER H
BRUCKNER D	BRUECKNER D
GOETZ F	GOETZ F J
GOTZ F	KLOTZ D
KRAUSE K	KRAUSE K H
MUELLER C	MULLER C
SCHEITHAUER G	SCHIMMER J

**Patent Family Information**

WO2003028259-A1	2003-04-03	DE10147422-A1	2003-04-24
EP1430628-A1	2004-06-23	US20040249982-A1	2004-12-09
EP1430628-B1	2005-02-09	DE50202250-G	2005-03-17
CN1561590-A	2005-01-05	ES2236586-T3	2005-07-16

**First Publication Date** 2003-04-03

**Priority Information**

DE100047422 2001-09-26

**Derwent Class**

T01 W01 W02

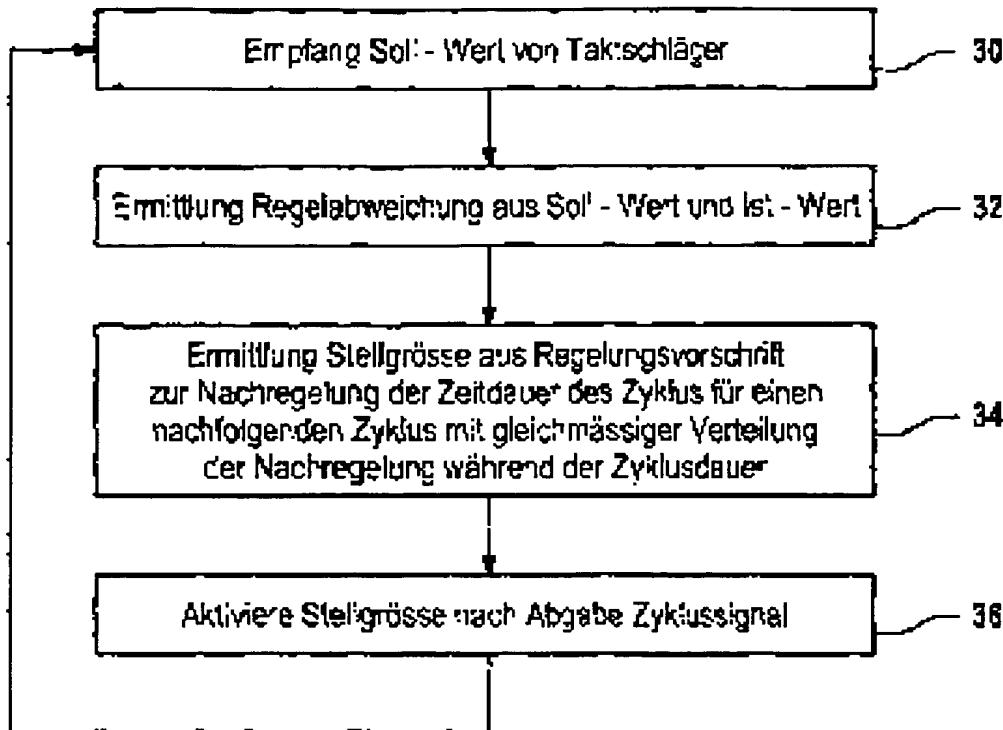
**Manual Code**

T01-K	T01-S03	W01-A04A
W01-A06F1A	W02-K02A	

**International Patent Classification (IPC)**

IPC Symbol	IPC Rev.	Class Level	IPC Scope
G06F-1/14	2006-01-01	I	C
H04J-3/06	2006-01-01	I	C
G06F-1/14	2006-01-01	I	A
H04J-3/06	2006-01-01	I	A
H04J-3/06	-		

**Drawing**



30 ...RECE PT OF DESIRED VALUE FRCM CLOCK P JLSE  
GENERATOR

32... DETERMINATION OF SYSTEM DEVIATION FROM DES RED  
VAI UF AND ACTUAL VAI UF

34 ...DETERMINATION OF MANIPULATED VARIABLE FROM  
ADJUSTMENT RULE FOR CORRECTING THE DURATION OF  
THE CYCLE FOR A SUBSEQUENT CYCLE WITH UNIFORM  
DISTRIBUTION OF CORRECTION DURING THE CYCLE

36 ACTIVATE MANIPULATED VARIABLE AFTER OUTPUT OF  
CYCLE SIGNAL

23.01.03



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 101 47 422 A 1

⑯ Int. Cl. 7:  
H 04 L 7/04  
H 04 L 12/403

⑯ Aktenzeichen: 101 47 422.9  
⑯ Anmeldetag: 26. 9. 2001  
⑯ Offenlegungstag: 24. 4. 2003

DE 101 47 422 A 1

⑯ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑯ Erfinder:  
Arnold, Johann, 90530 Wendelstein, DE; Bernecker, Herbert, 91560 Heilsbronn, DE; Brückner, Dieter, 96199 Zapfendorf, DE; Goetz, Franz-Josef, 91180 Heideck, DE; Krause, Karl-Heinz, 90475 Nürnberg, DE; Klopz, Dieter, Dr., 90768 Fürth, DE; Müller, Christiane, 91083 Baiersdorf, DE; Scheithauer, Gerhard, 91058 Erlangen, DE; Schimmer, Jürgen, 90473 Nürnberg, DE

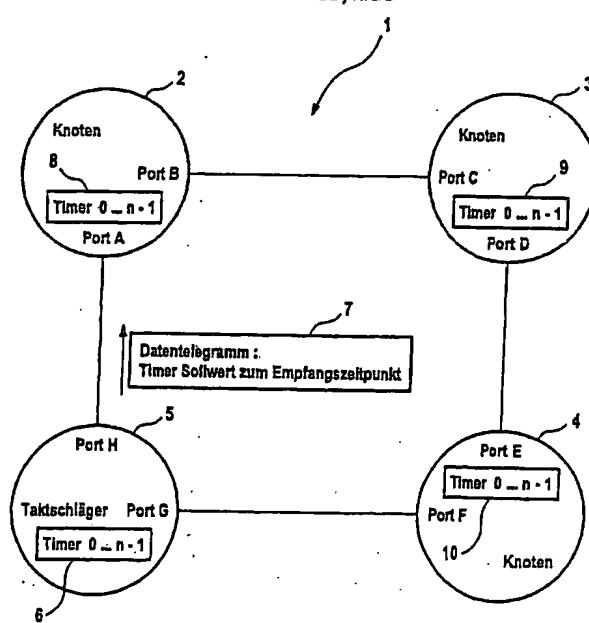
⑯ Entgegenhaltungen:

DE 199 43 779 A1  
DE 199 17 354 A1  
DE 100 07 070 A1  
US 61 99 169 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen  
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Kommunikationssystem und Verfahren zur Synchronisation eines Kommunikationszyklus

⑯ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation eines Kommunikationszyklus und einen Kommunikationsknoten in einem Netzwerk (1) mit  
- Mitteln (Port A) zum Empfang eines Soll-Werts (7) für eine Zeitbasis eines Kommunikationszyklus des Kommunikationsknotens einer Kommunikationsverbindung mit einem weiteren Kommunikationsknoten (3, 4, 5) des Netzwerks,  
- Mitteln (19, 21) zur Ermittlung einer Regelabweichung aus dem Soll-Wert (7) und einem Ist-Wert der Zeitbasis,  
- Mitteln (22, 23) zur Erzeugung einer Stellgröße zur Nachregelung der Zeitbasis entsprechend der Regelabweichung.



DE 101 47 422 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kommunikationssystem und Verfahren zur Synchronisation eines Kommunikationszyklus, insbesondere zur Anwendung in Automatisierungssystemen.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Verfahren und Systeme zur Herstellung von Kommunikationsverbindungen zwischen den Teilnehmern eines Datennetzes bekannt. Weit verbreitet sind Bussysteme, bei denen jeder Teilnehmer jeden anderen Teilnehmer des Datennetzes direkt über das Bussystem adressieren kann. Ferner sind schaltbare Datennetze bekannt, bei denen so genannte Punkt-zu-Punkt Verbindungen hergestellt werden, d. h., ein Teilnehmer kann alle anderen Teilnehmer des schaltbaren Datenetzes nur indirekt, durch entsprechende Weiterleitung der zu übertragenden Daten mittels einer oder mehrerer Kopleleinheiten erreichen.

[0003] Datennetze ermöglichen die Kommunikation zwischen mehreren Teilnehmern durch die Vernetzung, also Verbindung der einzelnen Teilnehmer untereinander. Kommunikation bedeutet dabei die Übertragung von Daten zwischen den Teilnehmern. Die zu übertragenden Daten werden dabei als Datentelegramme verschickt, d. h. die Daten werden zu mehreren Paketen zusammengepackt und in dieser Form über das Datennetz an den entsprechenden Empfänger gesendet. Man spricht deshalb auch von Datenpaketen. Der Begriff Übertragung von Daten wird dabei im weiteren synonym zur oben erwähnten Übertragung von Datentelegrammen oder Datenpaketen verwendet.

[0004] Die Vernetzung selbst wird beispielsweise bei schaltbaren Hochleistungsdatennetzen, insbesondere Ethernet, dadurch gelöst, dass zwischen zwei Teilnehmern jeweils mindestens eine Kopleleinheit geschaltet ist, die mit beiden Teilnehmern verbunden ist. Jede Kopleleinheit kann mit mehr als zwei Teilnehmern verbunden sein. Jeder Teilnehmer ist mit mindestens einer Kopleleinheit, aber nicht direkt mit einem anderen Teilnehmer verbunden. Teilnehmer sind beispielsweise Computer, speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) oder andere Maschinen, die elektronische Daten mit anderen Maschinen austauschen, insbesondere verarbeiten.

[0005] In verteilten Automatisierungssystemen, beispielsweise im Bereich Antriebstechnik, müssen bestimmte Daten zu bestimmten Zeiten bei den dafür bestimmten Teilnehmern eintreffen und von den Empfängern verarbeitet werden. Man spricht dabei von echtzeitkritischen Daten bzw. Datenverkehr, da ein nicht rechtzeitiges Eintreffen der Daten am Bestimmungsort zu unerwünschten Resultaten beim Teilnehmer führt. Gemäß IEC 61491, EN61491 SERCOS interface – Technische Kurzbeschreibung ([http://www.sercos.de/deutsch/index\\_deutsch.htm](http://www.sercos.de/deutsch/index_deutsch.htm)) kann ein erfolgreicher echtzeitkritischer Datenverkehr der genannten Art in verteilten Automatisierungssystemen gewährleistet werden.

[0006] Ebenso ist an sich aus dem Stand der Technik bekannt in einem solchen Automatisierungssystem ein synchrones, getaktetes Kommunikationssystem mit Äquidistanz-Eigenschaften zu verwenden. Hierunter versteht man ein System aus wenigstens zwei Teilnehmern, die über ein Datennetz zum Zweck des gegenseitigen Austausches von Daten bzw. der gegenseitigen Übertragung von Daten miteinander verbunden sind.

[0007] Dabei erfolgt der Datenaustausch zyklisch in äquidistanten Kommunikationszyklen, die durch den vom System verwendeten Kommunikationstakt vorgegeben werden. Teilnehmer sind beispielsweise zentrale Automatisierungsgeräte, Programmier-, Projektierungs- oder Bedienelemente, Peripheriegeräte wie z. B. Ein-/Ausgabe-Baugruppen,

Antriebe, Aktoren, Sensoren, speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) oder andere Kontrolleinheiten, Computer, oder Maschinen, die elektronische Daten mit anderen Maschinen austauschen, insbesondere Daten von anderen

5 Maschinen verarbeiten. Unter Kontrolleinheiten werden im folgenden Regler- oder Steuerungseinheiten jeglicher Art verstanden. Als Datennetze werden beispielsweise Bussysteme wie z. B. Feldbus, Profibus, Ethernet, Industrial Ethernet, FireWire oder auch PC-interne Bussysteme (PCI), etc. verwendet.

[0008] Automatisierungskomponenten (z. B. Steuerungen, Antriebe, ...) verfügen heute im Allgemeinen über eine Schnittstelle zu einem zyklisch getakteten Kommunikationssystem. Eine Ablaufebene der Automatisierungskomponente (Fast-cycle) (z. B. Lageregelung in einer Steuerung, Drehmomentregelung eines Antriebs) ist auf den Kommunikationszyklus synchronisiert. Dadurch wird der Kommunikationstakt festgelegt. Andere, niederverdiente Algorithmen (Slow-cycle) (z. B. Temperaturregelungen) der

20 Automatisierungskomponenten können ebenfalls nur über diesen Kommunikationstakt mit anderen Komponenten (z. B. Binärschalter für Lüfter, Pumpen, ...) kommunizieren, obwohl ein langsamerer Zyklus ausreichend wäre. Durch Verwendung nur eines Kommunikationstaktes zur Übertragung von allen Informationen im System entstehen hohe Anforderungen an die Bandbreite der Übertragungsstrecke.

[0009] Zur Anwendung in Automatisierungssystemen ist insbesondere aus dem Stand der Technik der PROFIBUS sowie PROFINET bekannt. Technische Informationen finden sich hierzu unter [www.profibus.com](http://www.profibus.com). In Profibusnetzen wird die Synchronisation der Kommunikationszyklen, d. h. der so genannten Isochronzyklen, über eine Phase Locked Loop (PLL) vollständig in Hardware realisiert. Dies ist möglich, da den Profibus-Topologien Bus-Strukturen zugrunde liegen. Ein Aufbau von Punkt-zu-Punkt Verbindungen ist hiermit jedoch nicht möglich, insbesondere nicht in einem auf Ethernet basierenden Netzwerk. Die in Hardware realisierte PLL eines Profibus-Systems führt zu Schwingungseffekten in einem Ethernet-Netzwerk.

[0010] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zur Synchronisation eines Kommunikationszyklus, einen verbesserten Kommunikations-Knoten sowie ein verbessertes Kommunikations-System und Automatisierungssystem und ein entsprechendes Computerprogrammprodukt zu schaffen.

[0011] Die Erfindung erlaubt es Punkt-zu-Punkt Verbindungen zwischen den Knoten eines Ethernet-Netzwerkes aufzubauen. Die einzelnen Kommunikationsverbindungen zwischen den Knoten laufen dabei vorzugsweise in zueinander synchronen Kommunikationszyklen ab. Zur Synchronisation der Kommunikationszyklen ist in jedem der Knoten ein Regler vorgesehen.

[0012] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Nachregelung eines Kommunikationszyklus gleichmäßig über einen Kommunikationszyklus verteilt, d. h. verteilt über den aktuellen Kommunikationszyklus oder den nachfolgenden Kommunikationszyklus. Damit ist erreichbar, dass der unterlagerte höherfrequente Zyklus innerhalb des Isochronzyklus lediglich einen so genannten Jitter von einem Timer-Takt aufweist.

[0013] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der Soll-Wert der Zeitbasis in jedem der Knoten von einem Takschläger zur Verfügung gestellt. Der Takschläger generiert ein Datentelegramm an einen bestimmten Knoten mit dem Soll-Wert der Zeitbasis des Knotens zum Empfangszeitpunkt des Datentelegramms an dem Knoten, indem der Takschläger den Soll-Wert aus der

Zeithbasis des Takschlägers unter Berücksichtigung der Laufzeit des Datentelegramms zu dem Knoten ermittelt.

[0014] Im Weiteren werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung mit Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0015] Fig. 1 ein Blockdiagramm einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kommunikationssystems,

[0016] Fig. 2 ein Blockdiagramm einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kommunikationsknotens,

[0017] Fig. 3 ein Flussdiagramm einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Synchronisation von Kommunikationszyklen,

[0018] Fig. 4 ein Signaldiagramm zur Veranschaulichung der Nachregelung der Zeitbasis in einem Kommunikationsknoten.

[0019] Die Fig. 1 zeigt ein Netzwerk 1 mit den Kommunikationsknoten 2, 3, 4 und 5. Bei dem Kommunikationsknoten 5 handelt es sich um einen Takschläger-Knoten, der die Referenzzeitbasis für die Synchronisation der Zeitbasen in den anderen Knoten des Netzwerks 1 zur Verfügung stellt. Die Referenztaktschlägerzeitbasis des Kommunikationsknotens 5 wird durch einen Timer 6 generiert, welcher durch Taktung mit einer lokalen Clock des Kommunikationsknotens 5 ständig von 0 bis  $n - 1$  zählt.

[0020] Der Kommunikationsknoten 5 dient zur Erzeugung eines Datentelegramms 7 für den Knoten 2. Das Datentelegramm 7 beinhaltet den Soll-Wert der Zeitbasis des Knotens 2 zum Empfangszeitpunkt des Datentelegramms.

[0021] Die Zeitbasis des Knotens 2 ist durch einen Timer 8 realisiert, der prinzipiell gleich aufgebaut ist wie der Timer 6 des Kommunikationsknotens 5. Der Timer 8 hat eine eigene lokale Clock zur Taktung des Zählwerks des Timers, die unabhängig von der Clock des Kommunikationsknotens 5 ist. Beim Einschalten des Knotens 2 ist der Timer 8 daher zu dem Timer 6 asynchron. Nach einer anfänglichen Synchronisation ist ständig eine Nachregelung erforderlich, da die Taktfrequenzen der verschiedenen Clocks der Zeitbasen nie genau identisch sind.

[0022] Zur Synchronisation der Zeitbasis des Knotens 2, d. h. von dessen Timer 8, erzeugt der Kommunikationsknoten 5 das Datentelegramm 7. Das Datentelegramm 7 wird von dem Port H des Kommunikationsknotens 5 an den Port A des Kommunikationsknotens 2 über die entsprechende Netzwerkverbindung in dem Netzwerk 1 gesendet. Auf diese Art und Weise erhält der Kommunikationsknoten 2 den notwendigen Soll-Wert für die Nachregelung von dessen Zeitbasis.

[0023] Entsprechend erhalten auch die Kommunikationsknoten 3 und 4 von den Kommunikationsknoten 5 Datentelegramme 7 zur Regelung der entsprechenden Timer 9 und 10.

[0024] Nach der Synchronisation der Zeitbasen in den einzelnen Knoten 2, 3 und 4 des Netzwerks 1 sind die Kommunikationszyklen von Punkt-zu-Punkt Verbindungen des Netzwerks 1 zueinander synchron. Beispielsweise kann der Kommunikationsknoten 2 an den Kommunikationsknoten 3 ein oder mehrere Datentelegramme während eines Kommunikationszyklus mittels einer Punkt-zu-Punkt Verbindung zwischen dem Port B des Kommunikationsknotens 2 und dem Port C des Kommunikationsknotens 3 senden.

[0025] Entsprechend können auch Datentelegramme während des synchronisierten Kommunikationszyklus von dem Port 4 des Kommunikationsknotens 3 an dem Port B des Kommunikationsknotens 2 empfangen werden. Das gleiche trifft entsprechend zu für die Kommunikation von zwei verschiedenen Kommunikationsknoten, die durch eine Netzwerkverbindung des Netzwerks 1 miteinander verknüpft sind.

[0026] Wenn eine solche unmittelbare Netzwerkverbindung nicht besteht, wird eine Kommunikationsverbindung über ein Koppelfeld in den Kommunikationsknoten hergestellt. Wenn beispielsweise der Kommunikationsknoten 4

5 ein Datentelegramm an den Kommunikationsknoten 2 senden möchte, wird dies so erfolgen, dass der Kommunikationsknoten 4 zunächst von dessen Port E an den Port D des Kommunikationsknotens 3 das Datentelegramm sendet, von wo aus es über das Koppelfeld des Kommunikationsknotens 10 3 an den Port C weitergeleitet wird, um von dort über die direkte Netzwerkverbindung Punkt-zu-Punkt zu dem Port B des Kommunikationsknotens 2 übertragen zu werden.

[0027] Dieser Vorgang setzt insbesondere für echtzeitfähige Datenübertragung in einem deterministischen Kommunikationssystem, wie sie insbesondere für die Zwecke der Automatisierungstechnik benötigt wird, eine Synchronisation der Kommunikationszyklen der einzelnen Punkt-zu-Punkt Verbindungen in dem Netzwerk 1 voraus.

[0028] Die Fig. 2 zeigt ein Blockdiagramm des Kommunikationsknotens 2 der Fig. 1. Der Timer 8 des Kommunikationsknotens 2 hat einen Zähler 11, der ständig von 0 bis zu dem Schwellwert  $n - 1$  in dem Schwellwertregister 12 zählt. Der Zähler 11 wird durch einen lokalen Oszillator 13, d. h. eine so genannte Clock, getaktet.

[0029] Der Inhalt des Schwellwertregisters 12, d. h. der Parameter  $n$ , ist durch einen Benutzer wählbar. Durch die Wahl des Parameters  $n$  wird die Länge eines Kommunikationszyklus definiert.

[0030] Der Zähler 11 hat ein Register 14 mit dem Ist-Wert des Zählers. Ferner hat der Zähler 11 ein Register 15 und ein Register 16, jeweils für die Speicherung eines Parameters  $S_1$  und  $S_2$  der Stellgrößen für die Regelung des Zählers 11 zur Synchronisation der Zeitbasis des Kommunikationszyklus.

[0031] Bei Erreichung des durch den Inhalt des Schwellwertregisters 12 gegebenen Schwellwerts gibt der Zähler 11 ein Zyklussignal ab, welches einen Übertragungszyklus startet. Dieses Zyklussignal wird beispielsweise an den Port B des Kommunikationsknotens 2 ausgegeben. Der Port B beinhaltet eine Sendeliste 17 und eine Empfangsliste 18. Während eines Kommunikationszyklus werden sowohl die Sendeliste 17 als auch die Empfangsliste 18 abgearbeitet.

[0032] Der Kommunikationsknoten 2 hat ferner ein Programm 19. Das Programm 19 hat ein Programm-Modul 20 für die Eingabe des Zähler-Ist-Werts des Zählers 11 und des Zähler-Soll-Werts. Ferner hat das Programm 19 ein Programm-Modul 21 zur Bestimmung einer Regelabweichung aus dem Vergleich von Zähler-Ist-Wert und Zähler-Soll-Wert. Ferner hat das Programm 19 Programm-Module 22 und 23 mit jeweils einer Regelvorschrift zur Erzeugung einer Stellgröße zur Regelung bzw. Nachregelung der Zeitbasis entsprechend der Regelabweichung. Das Programm-Modul 22 dient dabei zur Regelung in einer Initialisierungsphase und das Programm-Modul 23 zur Nachregelung während des Betriebs. Beide Programm-Module 22 und 23 erzeugen die Parameter  $S_1$  und  $S_2$  der Stellgröße für die Nachregelung der Zeitbasis, d. h. des Zählers 11 des Timers 8.

[0033] Das Programm 19 empfängt an dessen Eingang den Inhalt des Registers 14, d. h. den Zähler-Ist-Wert und erhält außerdem über eine Kommunikationsverbindung des Kommunikationsknotens 2 mit dem Kommunikationsknoten 5 (vgl. Fig. 1) das Datentelegramm 7 (vgl. ebenfalls Fig. 1) über den Port A des Kommunikationsknotens 2.

[0034] Während der Initialisierungsphase des Knotens 2, d. h. während der anfänglichen Synchronisation des asynchron laufenden Zählers 11, empfängt der Kommunikationsknoten 2 das Datentelegramm 7 mit dem aktuellen Zähler-Soll-Wert. Dieses Datentelegramm 7 wird von dem Kommunikationsknoten 5, d. h. dessen Port H am Port A

des Kommunikationsknotens 2 empfangen und von dort zum Programm 19 weitergeleitet.

[0035] Ebenfalls wird in das Programm 19 der Zähler-Ist-Wert aus dem Register 14 eingegeben. Aus dem Programm-Modul 20 werden die entsprechenden Zähler-Ist- und Soll-Werte dann an das Programm-Modul 21 weitergeleitet, um die Regelabweichung zu ermitteln.

[0036] Hierzu greift das Programm-Modul 21 während der Initialisierungsphase auf das Programm-Modul 22 zu. Dieses erzeugt dann die Stellgröße, d. h. die Parameter  $S_1$  und  $S_2$  der Stellgröße. Diese Parameter werden von dem Programm 19 in die Register 15 bzw. 16 geschrieben. Diese Nachregelung wird vorzugsweise erst, nachdem das Zyklusignal abgegeben worden ist, wirksam, d. h. für den nachfolgenden Kommunikationszyklus.

[0037] Der Parameter  $S_1$  gibt für einen solchen nachfolgenden Kommunikationszyklus an, welche der Takte in dem Kommunikationszyklus durch die Regelung beeinflusst werden sollen. Hierbei kann es sich z. B. um jeden zweiten, dritten oder in-ten Takt handeln. Der Parameter  $S_2$  in dem Register 16 gibt hingegen an, wie mit den zu beeinflussenden Taktten zu verfahren ist. Vorzugsweise ist der Inhalt des Registers 16 entweder 0 oder 2, d. h. es wird eine Zyklusverlängerung dadurch erreicht, dass der Zähler 11 bei dem betreffenden Takt nicht inkrementiert wird oder es wird eine Zyklusverkürzung dadurch erreicht, indem der Zähler 11 an dem betreffenden Takt um 2 inkrementiert wird. Die Nachregelung mittels der Parameter  $S_1$  und  $S_2$  muss jedoch nicht zwingend im unmittelbar nachfolgenden Kommunikationszyklus erfolgen, sondern kann auch in einem späteren Kommunikationszyklus vorgenommen werden.

[0038] Nach der Initialisierungsphase, d. h. nach der anfänglichen Synchronisation des zunächst völlig asynchron laufenden Zählers 11 wählt das Programm-Modul 21 das Programm-Modul 23 für die Nachregelung, welches dann die Parameter  $S_1$  und  $S_2$  nach der für die Betriebsphase zur Anwendung kommenden Regelvorschrift erzeugt. Durch diese Art und Weise der Nachregelung wird die Verlängerung bzw. Verkürzung des Kommunikationszyklus gleichmäßig über die Takte während eines Kommunikationszyklus verteilt.

[0039] Nach einer alternativen bevorzugten Ausführungsform wird die Synchronisierung während der Initialisierungsphase des Knotens nicht durch eine Regelung vorgenommen, bei der (wie im Betrieb) die Anzahl der auszuregelnden Takte innerhalb des Zyklus gleichverteilt werden. Mit Hilfe des ersten Synchronisations-Telegramms in der Initialisierungsphase wird dagegen der Synchronisations-Slave erstmals "hart" auf den Wert des Synchronisations-Masters gesetzt.

[0040] Dies ist vorteilhaft, um bei einer max. Regeldifferenz von einem halben Isochronzyklus keine unnötig langen Einschwingzeiten zu erhalten. Dies ist insbesondere bei Netzen mit mehreren Knoten erforderlich, da ansonsten u. U. Schwingungseffekte im Netz auftreten können, die eventuell überhaupt kein Einschwingen und damit keine Synchronisation zulassen.

[0041] Die Fig. 3 zeigt ein Flussdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. In dem Schritt 30 erfolgt ein Empfang des Soll-Werts der Zeitbasis des betreffenden Kommunikationsknotens von einem Tastschläger des Kommunikationssystems. In dem Schritt 32 wird aus dem Unterschied zwischen Soll-Wert und dem Zähler-Ist-Wert der Zeitbasis des betreffenden Kommunikationsknotens eine Regelabweichung ermittelt.

[0042] In dem Schritt 34 wird aus dieser Regelabweichung mittels einer Regelungsvorschrift eine Stellgröße zur Nachregelung der Zeitbasis, d. h. der Zeidauer eines Kom-

munikationszyklus, ermittelt. Die Ermittlung der Stellgröße erfolgt dabei so, dass die Nachregelung der Zeidauer des nachfolgenden Kommunikationszyklus möglichst gleichmäßig über die Takte des Kommunikationszyklus verteilt erfolgt.

[0043] Die tatsächliche Nachregelung des Kommunikationszyklus erfolgt in dem Schritt 36 durch Aktivierung der entsprechenden Stellgrößen in dem Timer des betreffenden Kommunikationsknotens nach Abgabe des Zyklussignals, d. h. bei Beginn des nachfolgenden Kommunikationszyklus.

[0044] Die Fig. 4 zeigt ein Beispiel für die Anwendung des erfindungsgemäßen Regelungsverfahrens. Ein Signal 24 des Synchronisationsmasters, d. h. der Takt des Tastschläger-Knotens, ist in Zyklen 25 unterteilt. In jedem Zyklus 25 zählt der Timer des Tastschläger-Knotens von 0 bis 9, d. h. es werden 10 Takte 26 pro Zyklus 25 erzeugt. Dadurch ist die Tastschlägerzeitbasis für die Synchronisation der Kommunikationszyklen in dem Kommunikationssystem gegeben.

[0045] Das Signal 27 gehört zu einem Synchronisationsslave, d. h. einen der Kommunikationsknoten des Kommunikationssystems, dessen Zeitbasis für die Synchronisation von dessen Kommunikationszyklen nachzuregeln ist. Der Synchronisationsslave hat anfänglich eine Regelabweichung von dem Zyklus des Synchronisationsmasters von zwei Taktten. Aus dieser Regelabweichung wird eine entsprechende Stellgröße ermittelt. Die Stellgröße gibt an, ob innerhalb des nächsten Kommunikationszyklus dieser Kommunikationszyklus verlängert oder verkürzt werden muss, und um wieviel gegebenenfalls der nächste Kommunikationszyklus verändert werden muss.

[0046] In dem hier betrachteten Beispiel soll der nachfolgende Kommunikationszyklus um vier Takte verlängert werden. Dazu soll jeder zweite Takt wiederholt werden. Die entsprechenden Parameter  $S_1$  und  $S_2$  (vgl. Fig. 2) sind dann  $S_1 = 2$  und  $S_2 = 0$ . Dabei ist von besonderem Vorteil, dass die zusätzlichen vier Takte nicht einfach an den Zyklus zu dessen Verlängerung angehängt werden, sondern innerhalb des Zyklus gleichverteilt werden, so dass der unterlagerte Zyklus-Takt 28 aufgrund dieser Gleichverteilung höchstens um +/- einen Takt variiert. Dadurch ist vermieden, dass der Zyklus-Takt 28 innerhalb des Kommunikationszyklus gegenüber anderen Kommunikationszyklen unverhältnismäßig am Ende des Kommunikationszyklus verlängert wird. Damit wird erreicht, dass der unterlagerte höherfrequente Zyklus-Takt 28 innerhalb des Kommunikationszyklus lediglich einen Jitter von einem Timer-Takt aufweist.

[0047] Die vorliegende Erfindung ist besonders vorteilhaft, indem sich eine verteilte Software-/Hardwareregelung des Kommunikationszyklus, d. h. des so genannten Isochronzyklus, in echtzeitfähigen Netzwerkkomponenten, insbesondere so genannten Ethernet-Switches, realisieren lässt. Dies ermöglicht eine dynamische Anpassung der Regelalgorithmen je nach Netzausprägung bzw. Einsatzgebiet im Feld. Dabei kann sich die Regelung in der Initialisierungs- oder Hochlaufphase des Kommunikationssystems von der Regelung im Betrieb unterscheiden. Ferner können aufgrund der Gleichverteilung der Stellgröße und der damit einhergehenden Nachregelung der Zeitbasis während eines Kommunikationszyklus auch unterlagerte Zyklen geregelt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Synchronisation eines Kommunikationszyklus in einem Netzwerk (1) mit folgenden Schritten:

– Empfang eines Soll-Werts (7) für eine Zeitbasis

des Kommunikationszyklus in einem ersten Knoten (2) des Netzwerks (1),  
 - Ermittlung einer Regelabweichung aus dem Soll-Wert (7) und einem Ist-Wert der Zeitbasis,  
 - Erzeugung einer Stellgröße zur Nachregelung der Zeitbasis entsprechend der Regelabweichung. 5

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem eine Punkt-zu-Punkt Verbindung zwischen dem ersten Knoten (2) und einem zweiten Knoten (3) des Netzwerks (1) während des Kommunikationszyklus besteht. 10

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem es sich bei dem Netzwerk (1) um ein geschaltetes Datennetz, vorzugsweise um ein echtzeitfähiges Ethernet Netzwerk, handelt. 15

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1, 2 oder 3, bei dem der erste (2) und/oder der zweite (3) Knoten ein Koppelfeld für die Herstellung einer geschalteten Punkt-zu-Punkt Verbindung aufweisen. 20

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, wobei der Soll-Wert (7) von dem ersten Knoten (2) über das Netzwerk (1) empfangen wird. 25

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 5, wobei der Soll-Wert (7) von einem Taktgeber-Knoten (5) des Netzwerks mittels eines Datentelegramms (7) an den ersten Knoten (2) gesendet wird. 30

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Soll-Wert (7) von dem Taktgeber-Knoten (5) aus einer Referenzzeitbasis des Taktgeber-Knoten (5) unter Berücksichtigung der Laufzeit des Datentelegramms (7) zu dem ersten Knoten (2) bestimmt wird. 35

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, wobei es sich bei der Stellgröße um eine Anzahl von Takten der Zeitbasis pro Kommunikationszyklus handelt. 40

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Anzahl der Takte für die Nachregelung der Länge des Kommunikationszyklus gleichmäßig über den aktuellen oder einen nachfolgenden Kommunikationszyklus verteilt werden. 45

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Stellgröße einen ersten Parameter ( $S_1$ ) und einen zweiten Parameter ( $S_2$ ) aufweist, und der erste Parameter ( $S_1$ ) eine Anzahl von über einen Kommunikationszyklus gleichmäßig verteilten Takten definiert und der zweite Parameter ( $S_2$ ) definiert, ob die durch den ersten Parameter ( $S_1$ ) definierten Takte wiederholt oder nicht auszuführen sind. 50

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 10 mit einer ersten Regelungsvorschrift und mit einer zweiten Regelungsvorschrift, wobei die erste Regelungsvorschrift zur Erzeugung der Stellgröße während einer Initialisierungsphase und die zweite Regelungsvorschrift zur Erzeugung der Stellgröße während des Betriebs verwendet wird. 55

12. Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 11. 60

13. Kommunikationsknoten in einem Netzwerk (1) mit  
 - Mitteln (Port A) zum Empfang eines Soll-Werts (7) für eine Zeitbasis eines Kommunikationszyklus des Kommunikationsknotens einer Kommunikationsverbindung mit einem weiteren Kommunikationsknoten (3, 4, 5) des Netzwerks, 65  
 - Mitteln (19, 21) zur Ermittlung einer Regelabweichung aus dem Soll-Wert (7) und einem Ist-

Wert der Zeitbasis,  
 - Mitteln (22, 23) zur Erzeugung einer Stellgröße zur Nachregelung der Zeitbasis entsprechend der Regelabweichung. 14. Kommunikationsverbindung nach Anspruch 13, bei der die Kommunikationsverbindung als Punkt-zu-Punkt Verbindung, vorzugsweise in einem geschalteten Datennetz, ausgebildet ist. 15. Kommunikationsverbindung nach Anspruch 13 oder 14, die für den Empfang und/oder die Sendung von Echtzeitdaten über die Kommunikationsverbindung ausgebildet ist. 16. Kommunikationsknoten nach Anspruch 13, 14 oder 15, bei dem die Mittel zur Erzeugung einer Stellgröße so ausgebildet sind, dass die Nachregelung der Zeitbasis gleichmäßig über einen Kommunikationszyklus verteilt erfolgt. 17. Kommunikationsknoten nach einem der vorhergehenden Ansprüche 13 bis 16, wobei die Mittel zur Erzeugung einer Stellgröße zur Erzeugung eines ersten Parameters ( $S_1$ ) und eines zweiten Parameters ( $S_2$ ) der Stellgröße ausgebildet sind, wobei der erste Parameter ( $S_1$ ) eine Anzahl von Takten der Zeitbasis definiert und der zweite Parameter ( $S_2$ ) definiert, ob die von dem ersten Parameter ( $S_1$ ) definierten Takte wiederholt oder nicht auszuführen sind. 18. Kommunikationssystem mit Kommunikationsknoten nach einem der vorhergehenden Ansprüche 13 bis 17 und mit einem Taktgeber-Knoten (5), in dem die Kommunikationsknoten (2, 3, 4) und der Taktgeber-Knoten (5) durch ein Netzwerk (1) miteinander verbunden sind und das Netzwerk (1) zum Aufbau von Punkt-zu-Punkt Verbindungen in synchronisierten Kommunikationszyklen ausgebildet ist. 19. Kommunikationssystem nach Anspruch 18, bei dem der Taktgeber-Knoten (5) Mittel zur Versendung eines Datentelegramms (7) mit dem Soll-Wert (7) an einen betreffenden Kommunikationsknoten (2) aufweist und der Soll-Wert aus einem Ist-Wert einer Taktgeberzeitbasis (6) und einer Laufzeit des Datentelegramms (7) von dem Taktgeber-Knoten (5) zu den betreffenden Kommunikationsknoten (2, 3, 4) bestimmt wird. 20. Automatisierungssystem mit einem Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 18 oder 19.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

→ 23.01.08

- Leerseite -

23.01.08

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:  
Int. Cl.<sup>7</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 101 47 422 A1  
H 04 L 7/04  
24. April 2003

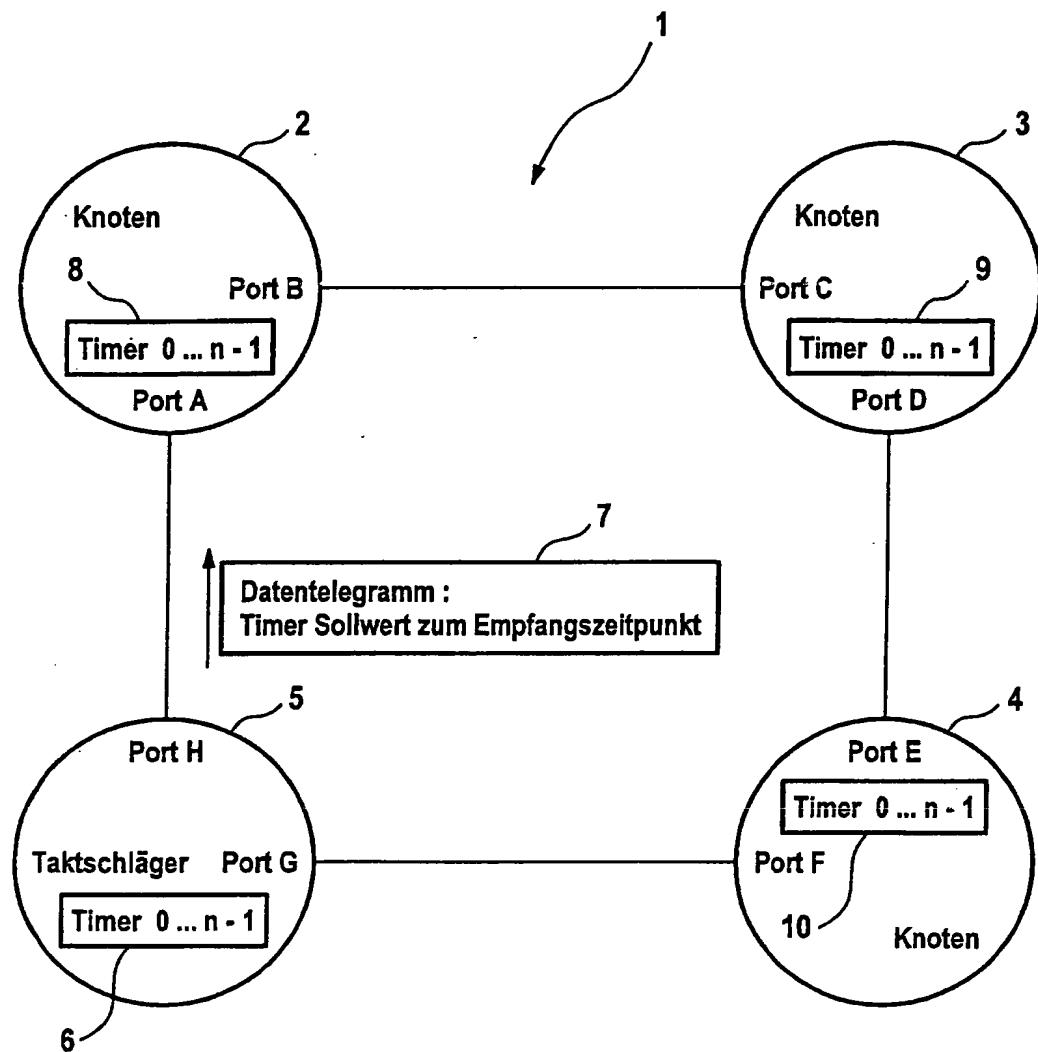
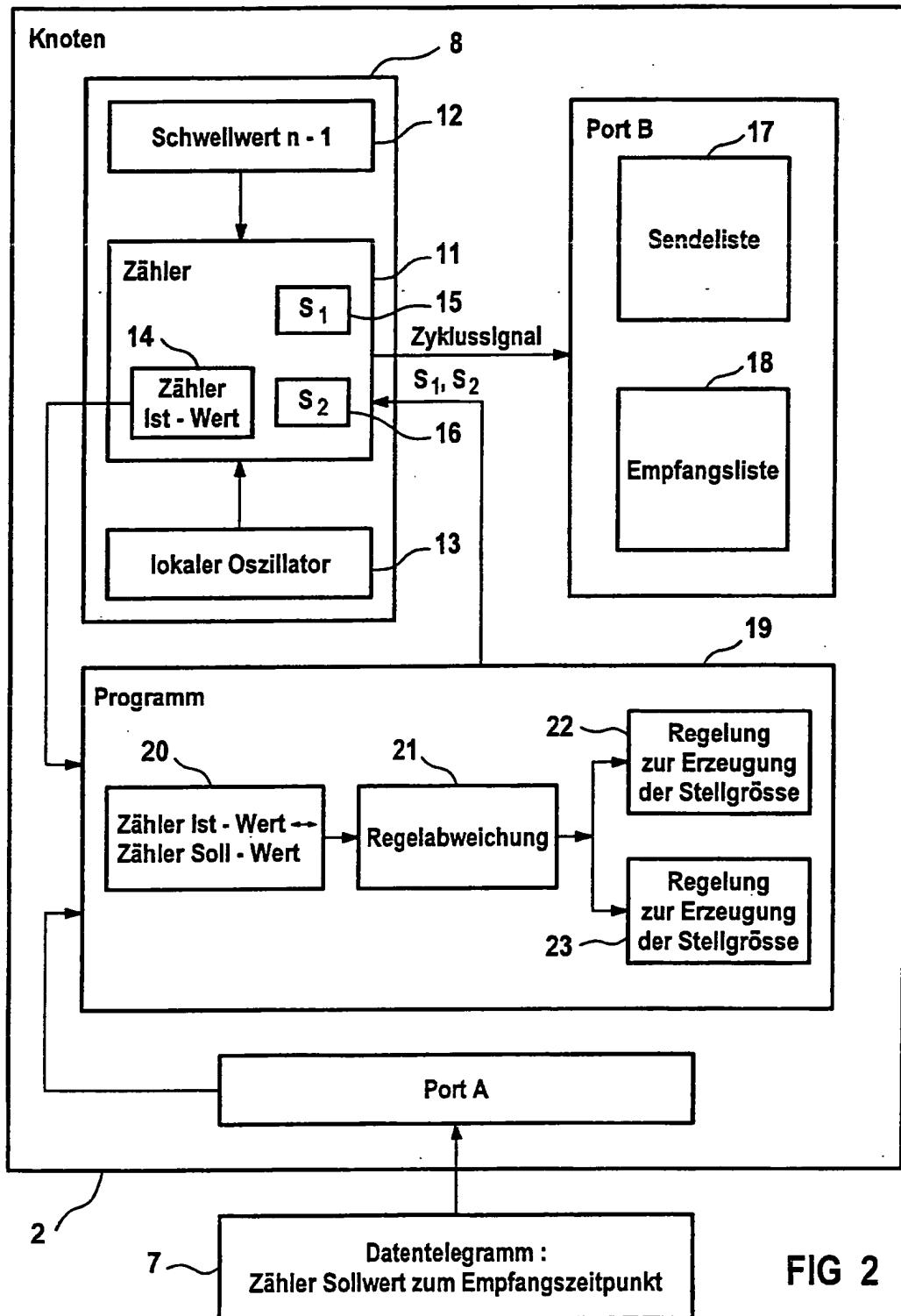


FIG 1



23.01.08

ZEICHNUNGEN SEITE 3

Nummer:  
Int. Cl. 7:  
Offenlegungstag:

DE 101 47 422 A1  
H 04 L 7/04  
24. April 2003

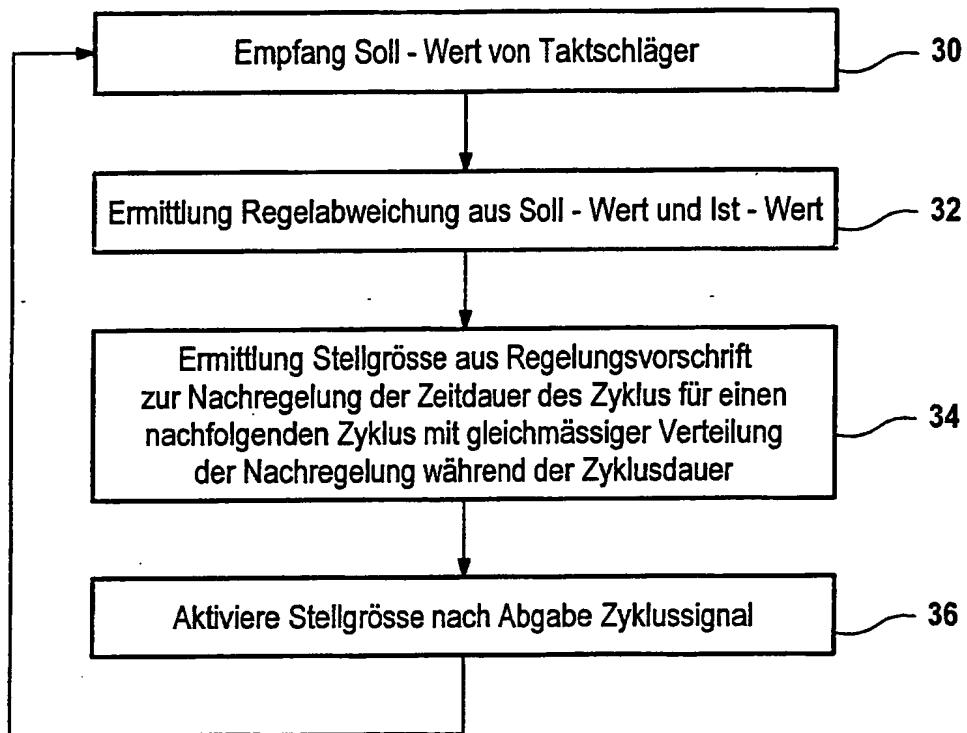


FIG 3

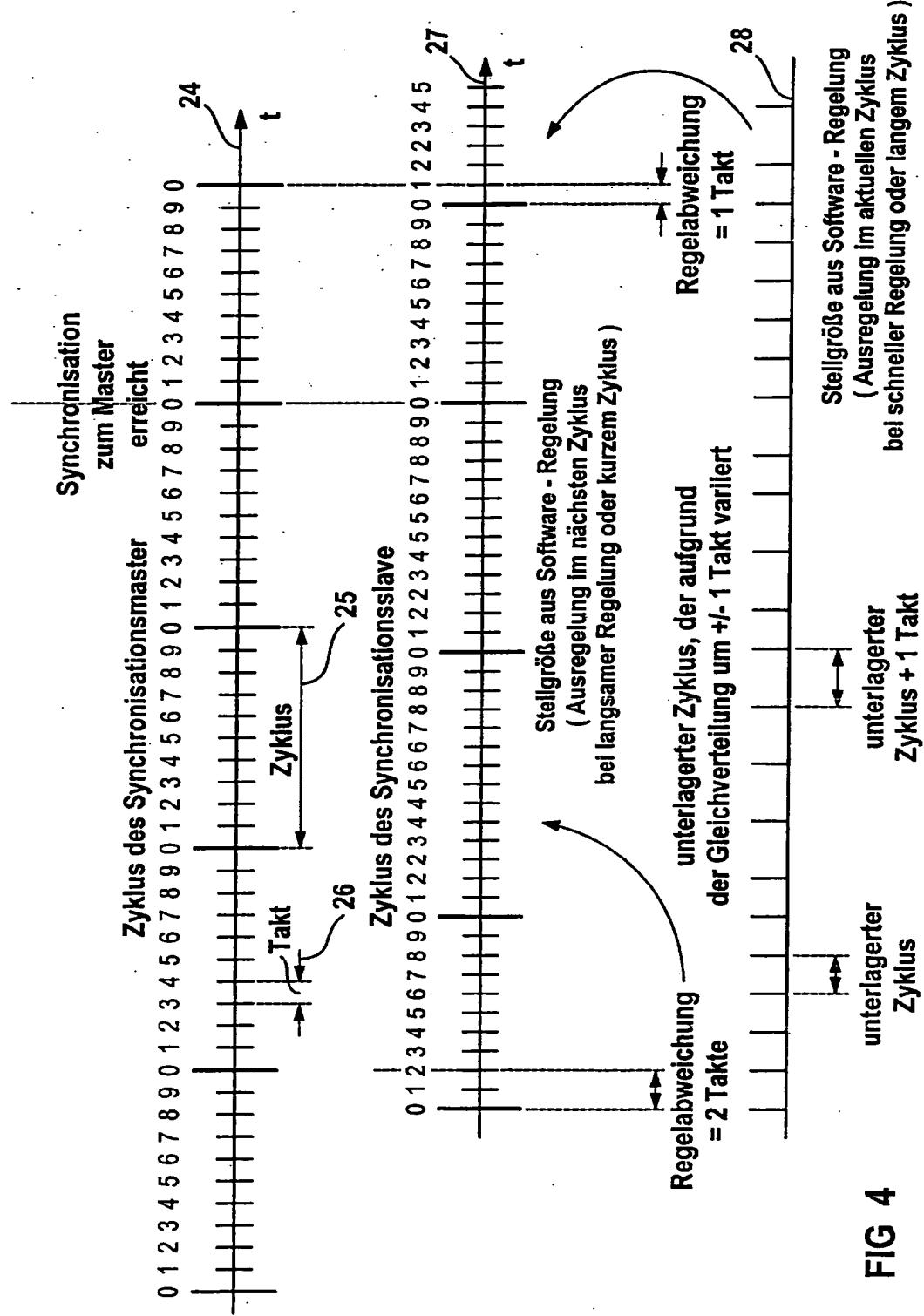


FIG 4